

**CIRCUIT BOARD**

**Patent number:** JP8078798  
**Publication date:** 1996-03-22  
**Inventor:** UCHIKOBA FUMIO (JP); NAKAJIMA SHIGEYUKI (JP); ITO TAKU (JP); IJIMA YASUSHI (JP); FURUBAYASHI MAKOTO (JP); KURAHASHI TAKAHIDE (JP)  
**Applicant:** TDK CORP (JP)  
**Classification:**  
- **International:** H05K1/03; H05K1/02; H05K9/00  
- **European:**  
**Application number:** JP19940209587 19940902  
**Priority number(s):** JP19940209587 19940902

**Abstract of JP8078798**

**PURPOSE:** To provide a circuit board which can deal with an arbitrary circuit and surely absorbs high-frequency noise by holding an insulating layer in which a ferromagnetic powder is mixed with an insulating resin between at least two conductor layer to form a circuit board. **CONSTITUTION:** An insulating layer 3 is held between at least two conductor layers 1, 2 to form a circuit board. The conductor layer 1 is used for a grounding conductor and the conductor layer 2 is used for a signal-line conductor and patterned in the actual state of being used. A material in which copper is a main component is used for the conductor layers 1, 2. For the insulating layer 3, a composite material is used in which a metal powder comprising iron adopted as a ferromagnetic metal is mixed with an insulating resin. When a starting raw material has a relatively large particle diameter, it is sifted with a mesh, and when the particle diameter is small, spherical iron is used which is synthesized from organometallic compound. The material having a particle diameter of 0.01 to 100 $\mu$ m is chosen. For the insulating resin, phenol series, epoxy series, rubber series or the like is used. Thereby, the noise of even 1GHz or higher is surely absorbed with simple construction.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

M-1120

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-78798

(43) 公開日 平成8年(1996)3月22日

(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 K 1/03	6 1 0 Q	7511-4E		
1/02	N			
9/00	R			

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-209587

(22) 出願日 平成6年(1994)9月2日

(71) 出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 内木場 文男

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72) 発明者 中島 重行

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72) 発明者 伊藤 卓

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 阿部 美次郎

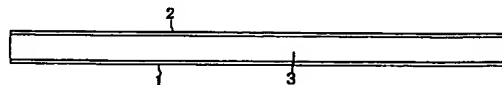
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回路基板

(57) 【要約】

【目的】 高周波ノイズを確実に吸収できる高周波吸収回路基板を提供する。

【構成】 導体層1、2と、絶縁層3とを含んでいる。導体層1、2は、絶縁層3を間に挟んでその両側に設けられている。絶縁層3は、強磁性金属粉と絶縁樹脂とを混合した複合材料でなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも2つの導体層と、絶縁層とを含む回路基板であって、

前記導体層は、前記絶縁層を間に挟んでその両側に設けられており、

前記絶縁層は、強磁性金属粉と絶縁樹脂とを混合した複合材料で構成されている回路基板。

【請求項2】 請求項1に記載の回路基板であって、前記導体層は、一方がアース用導体として用いられ、他方が信号線用導体として用いられる回路基板。

【請求項3】 請求項1に記載の回路基板であって、前記強磁性金属粉は、その粒径が0.01  $\mu\text{m}$ から100  $\mu\text{m}$ の範囲にある回路基板。

【請求項4】 請求項1に記載の回路基板であって、前記絶縁層は、前記強磁性金属粉の含有量が30vol %から70vol %の範囲にある回路基板。

【請求項5】 請求項1に記載の回路基板であって、前記絶縁樹脂は、エポキシ系、フェノール系、ゴム系またはテフロン系の少なくとも一種である回路基板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、回路基板に関し、更に詳しくは、高周波ノイズ成分を吸収によって減衰させる回路基板に係る。

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、電子回路における高調波等の高周波ノイズ成分を除去するためには、LC回路からなる低域通過型フィルタを用いる。従来の一般的な低域通過型フィルタは、インピーダンスの整合と、不整合との間の周波数特性の差を利用し、高周波のノイズ成分を反射させることにより、必要なフィルタ特性を得ている。

【0003】 しかし、反射型の低域通過型フィルタでは、反射された高周波のノイズ成分がフィルタの前段に戻され、例えば、回路中で予期しない発振を引き起こすことがある。吸収型の低域通過型フィルタは高周波のノイズ成分を吸収するタイプのフィルタであり、反射型の低域通過型フィルタに見られる上記欠点を改善する。

【0004】 吸収型の低域通過型フィルタは既に提案されている。例えばフェライトを用いたものがその一例であり、具体的にはフェライトビーズなどが既に広く用いられている。

【0005】 別の吸収型低域通過型フィルタとして、高域側で吸収作用のある非磁性材料と、フェライトとを組み合わせ、高周波側でも吸収による信号除去を行なう試みも報告されている。Schlicke が IEEE Spectrum 59-68 1967において提案したEMIフィルタや、Bogar がProc.of IEEE 67 159-163 1979 において提案した低域通過型EMIフィルタがその例である。これらの先行技術においては、同軸型フィルタの絶縁物の一部を、フェライトと誘電体とを積層することによって構成してあ

る。また、Fiallo は、ペンシルバニア州立大学博士論文 1993 において、フェライトと誘電体を組み合わせたマイクロストリップ構造のフィルタを提案している。

【0006】 しかし、いずれの場合においても、本来の機能発現とは無関係なノイズ除去用素子を新たに追加する必要がある。

【0007】 プリント基板自体にシールド機能を持たせ、高周波ノイズ成分の回路外への輻射を抑えるとともに、回路外からの高周波ノイズ成分の進入を防止する試みもなされている。Electronic Parts Catalog' 92 10 社団法人日本電子機械工業会部品運営委員会編の第155頁に記載された電磁波シールドプリント配線板がその例である。この場合は、基板をシールド層で囲う必要があり、構造が複雑となり、任意の回路に対応することが困難である。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の課題は、高周波ノイズを確実に吸収できる回路基板を提供することである。

20 【0009】 本発明のもう一つの課題は、1GHz以上の高周波ノイズを確実に吸収できる回路基板を提供することである。

【0010】 本発明の更にもう一つの課題は、簡素な構造を有し、任意の回路に対応し得る回路基板を提供することである。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】 上述した課題解決のため、本発明に係る回路基板は、少なくとも2つの導体層と、絶縁層とを含む。前記導体層は、前記絶縁層を間に挟んでその両側に設けられている。前記絶縁層は、強磁性金属粉と絶縁樹脂とを混合した複合材料で構成されている。

【0012】 前記導体層は、一方がアース用導体として用いられ、他方が信号線用導体として用いられる。実際の使用状態では、前記導体層の他方が信号線用導体としてパターンニングされる。

【0013】 好ましくは、前記絶縁層は、1GHz以上のノイズ成分に対して吸収特性を示す。そのような吸収特性を示す前記強磁性金属粉の例は鉄である。前記強磁性金属粉は、その粒径が0.01  $\mu\text{m}$ から100  $\mu\text{m}$ の範囲にあることが好ましい。好ましい前記強磁性金属粉の含有量は、30vol %から70vol %の範囲である。前記強磁性金属粉と共に用いられる前記絶縁樹脂の好ましい例は、エポキシ、フェノールまたはゴムの少なくとも一種である。

## 【0014】

【作用】 本発明に係る回路基板において、導体層が絶縁層を間に挟んでその両側に設けられている。従って、導体層の一方をアース用導体として用い、他方を信号線用導体として用いることができる。実際の使用状態では、

導体層は、一方がアース用導体としてパターンニングされ、他方が信号線用導体としてパターンニングされ、回路基板として使用に供される。

【0015】絶縁層は、強磁性金属粉と絶縁樹脂とを混合した複合材料であるから、導体層を必要な回路パターンとなるようにパターンニングし、回路部品を実装した状態で、信号線を通る周波数信号に含まれる高周波ノイズ成分を、絶縁層の吸収作用によって確実に吸収できる。具体的には、1 GHz 以上の高周波帯域において吸収作用（高域阻止）を生じ、それ以下の周波数帯域に属する周波数信号は通過（低域通過）させる。また、20 GHz 程度の周波数までインピーダンスをほぼ一定にすることができ、反射を-10 dB程度にすることができる。従って、本発明に係る回路基板は、1 GHz 以上の高周波ノイズに晒される回路に用いるのに適している。

【0016】しかも、高周波成分を吸収する絶縁層が強磁性金属粉と絶縁樹脂とを混合した複合材料であり、この絶縁層に、アース導体と、信号線とを設けた構造であるから、構造がきわめて簡素化される。また、任意の回路にも容易に対応できる。

【0017】本発明に係る回路基板の低域通過及び高域阻止の機構は次の通りである。

【0018】伝送路において、その反射利得 $S_{11}(\omega)$ と透過利得 $S_{21}(\omega)$ は、素子の反射率を $\Gamma$ 、透過率を $T$ とすると以下の式で表される。

$$【0019】S_{11}(\omega)=(1-T^2)\Gamma/(1-T^2\Gamma^2)$$

$$S_{21}(\omega)=(1-\Gamma^2)T/(1-T^2\Gamma^2)$$

$$\Gamma=((\mu_{eff}/\epsilon_{eff})^{1/2}-Z_0)/((\mu_{eff}/\epsilon_{eff})^{1/2}+Z_0)$$

$$T=\exp\{-i\omega(\epsilon_{eff}\mu_{eff})^{1/2}x\}$$

と表される。ここで、 $\epsilon_{eff}$ は材料の複素実効誘電率、 $\mu_{eff}$ は材料の複素実効透磁率である。複素実効誘電率 $\epsilon_{eff}$ 及び複素実効透磁率 $\mu_{eff}$ は、実際には材料の複素誘電率と複素透磁率に形状の因子を加味したものである。 $Z_0$ は回路の特性インピーダンスである。プリント基板において信号線を形成する場合、その線路幅を適宜決めることによって、その線路の特性インピーダンス $Z_0$ を決めることができる。

【0020】まず、高周波領域で吸収を起こすためには、透過率 $T$ がゼロに近くなければならない。その条件は $(\epsilon_{eff}\mu_{eff})$ が虚数、または実数でマイナスになることである。つまり、 $\epsilon_{eff}$ 、 $\mu_{eff}$ のどちらかまたは両方の虚数成分が存在し、しかもその値が大きいほど伝送線での吸収が大きいことになる。言い換えれば、材料の損失角 $(\tan \delta)$ が高周波で大きくなることである。

【0021】また、全周波数にわたって反射を小さくする（ $S_{11}$ を小さくする）ためには反射率 $\Gamma$ がゼロに近くなければならない。従って、 $(\mu_{eff}/\epsilon_{eff})^{1/2}$ は全周波数を通して特性インピーダンス $Z_0$ に近くなる必要がある。

【0022】フェライト等による吸収現象の場合、一般的には2 GHz程度で虚数成分がゼロとなり、透過率 $T$ が高域で1に近づき、結果として、低域通過効果が得られなくなる。

【0023】一方、本発明において用いられる複合材料は1 GHz程度から吸収が顕著となり、20 GHz以上でも吸収があり、また、誘電的吸収も伴っている。従って、フェライト材料と違って、透過率 $T$ は高周波までゼロに近くなる。

10 【0024】一般的に、誘電率 $\epsilon$ 、透磁率 $\mu$ の実数成分は、吸収のある領域では周波数とともに減少する。このため、吸収がある場合、回路基板の特性インピーダンス $Z_0$ は周波数とともに変化し、結果として、反射率 $\Gamma$ が増加し、反射が顕著になる。

【0025】しかし、本発明において用いられる複合材料の場合は、周波数の増加とともに透磁率の著しい減少を伴うけれども、これと同時に誘電率も小さくなり、その分だけインピーダンスの変化が少なくなるように寄与して、結果として反射が少なくなる。このため、1 GHz 20 z 以上の高周波領域で高域阻止作用を発揮する回路基板が実現できる。また、信号線の線幅を適宜決めることによってその線路の特性インピーダンスを決めることができ、しかも、その周波数依存性を比較的小さくできるので、反射の少ない回路基板を得ることができる。

【0026】本発明において、強磁性金属粉の好ましい例は、鉄粉である。鉄の他、ニッケルまたはコバルト等の他の強磁性金属粉を用いることもできる。これらの強磁性金属粉は、単独で用いてもよいし、併用してもよい。強磁性金属粉と混合する絶縁樹脂は、特に種類は問 30 わないが、フェノール系、エポキシ系、ゴム系またはテフロン系で良好な特性が得られることを確認している。これらの絶縁樹脂は、単独で用いることもできるし、併用することもできる。

【0027】強磁性金属粉として、鉄を用いる場合、粒径は0.01  $\mu\text{m}$ から100  $\mu\text{m}$ の範囲が望ましく、また、含有量は、30 vol %から70 vol %の範囲が好ましい。強磁性金属粉の粒径が0.01  $\mu\text{m}$ よりも小さいと、十分な吸収作用が得られないばかりでなく、絶縁樹脂と十分に混練することができず、特性の揃った均質な回路基板を得ることが困難になる。一方、強磁性金属粉の粒径が100  $\mu\text{m}$ よりも大きい場合は、絶縁基板の表面が荒れ、良好な電極が形成できなくなる。また、粒径が大きくなり、実用上扱いにくくなる。強磁性金属粉の粒径のより好ましい範囲は0.1  $\mu\text{m}$ から10  $\mu\text{m}$ である。

【0028】強磁性金属粉の含有量が30 vol %よりも少ないと、十分な減衰が得られない。また、強磁性金属粉の含有量が70 vol %よりも多くなると、樹脂と均一混合することが困難になり、また、電極間の絶縁抵抗の 50 著しい劣化を招く。強磁性金属粉の含有量のより好まし

い組成範囲は、50vol %から63vol %である。

【0029】

【実施例】図1は本発明に係る回路基板の側面図である。本発明に係る回路基板は、少なくとも2つの導体層1、2と、絶縁層3とを含んでいる。導体層1、2は、絶縁層3を間に挟んでその両側に設けられている。従って、例えば導体層1をアース用導体として用い、導体層2を信号線用導体として用いることができる。実際の使用状態では、導体層2は信号線用導体としてパターンニングされ、回路基板としての使用に供される。導体層1、2は回路基板の導体パターン形成用として従来より周知の材料、代表的には、銅を主成分とするものを用いることができる。

【0030】絶縁層3は、強磁性金属粉と絶縁樹脂とを混合した複合材料でなる。強磁性金属粉は、鉄でなる。出発原料が比較的粒径の大きい粉体の場合は、数種類の市販の鉄粉をメッシュでふるい分け、また粒径の小さい場合は有機金属間化合物から合成した球状の鉄を用いることができる。この鉄はカーボニル鉄として知られ、本発明では、これらを用いて0.01 $\mu$ mから100 $\mu$ mにかけて様々な粒径を選択できる。一方、これと同時に用いる絶縁樹脂は、フェノール系、エポキシ系、ゴム系またはテフロン系から選ばれた一種である。

【0031】図2は本発明に係る回路基板の更に別の実施例を示す側面図である。この実施例では、絶縁層3を間に挟んでその両側に導体層1、2を設けると共に、導体層1の上に別の絶縁層4を設け、この絶縁層4の上に導電層5を設けた多層構造の回路基板を示している。絶縁層4は上記した複合材料で構成することが望ましいが、他の周知の絶縁材料によって構成することもできる。

【0032】次に本発明に係る回路基板について、その製造方法及びそれによって得られた試料の特性について述べる。まず、強磁性金属粉と絶縁樹脂をそれぞれ混合し、プレス処理によって、長さL1が100mm、幅W1が100mm、厚みH10.635mmの板状の試料を形成した。次に、この試料に適当な熱処理を施して絶縁樹脂を硬化させ絶縁層3を得た。更に、この絶縁層3の両面に市販の接着剤付銅箔を張り、プレス処理を施し、積層銅張板を得た。

【0033】次に、フォトエッチング工程等を経て、図3に示すように、絶縁層3の両面に張られた銅箔をパターンニングし、アース導体1及び信号線2を形成した。信号線2は、低周波領域で特性インピーダンスが50 $\Omega$ になるように、線路幅W2及び線路長L2が決定される。実施例では、複合材料の比透磁率及び比誘電率を考慮して、線路幅W2が0.5mm~1.0mm、線路長L2が10mmの直線状パターンとした。信号線2は、銅箔をエッチングによって形成した。アース導体1及び信号線2は、他に真空蒸着によっても形成できる。

【0034】上記回路基板の特性は、絶縁層3を構成する複合材料の伝送特性S11、S21により評価した。比較材料として、フィルターで一般的に用いられるNiZnフェライトを用いる。

【0035】回路基板の評価にはネットワークアナライザHP8720C（ヒューレット、アンド、パッカード社製）と測定ジグHP83040（ヒューレット、アンド、パッカード社製）を用いた。さらに、素材の複素誘電率、複素透磁率の測定は、1GHzまでは平行平板コンデンサー及びトロイダルコアを形成し、インピーダンスアナライザHP4291A（ヒューレット、アンド、パッカード社製）で測定し、1GHz以上はトロイダルコアをエアライジングに挿入し、ソフトウェアHP85071A（ヒューレット、アンド、パッカード社製）を用いネットワークアナライザHP8720C（ヒューレット、アンド、パッカード社製）で測定した。

【0036】図4は鉄-フェノール樹脂の複合材料（鉄60vol %、粒径2 $\mu$ m）の複素透磁率特性を示す図、図5は同じく鉄-フェノール樹脂複合材料（鉄60vol %、粒径2 $\mu$ m）の複素誘電率特性を示す図である。図6及び図7は従来のNiZnフェライトについての複素透磁率特性及び複素誘電率特性をそれぞれ示している。図において、横軸に周波数を取り、縦軸に比透磁率 $\mu$ または比誘電率 $\epsilon$ と、損失角 $\delta$ とをそれぞれとってある。

【0037】鉄-フェノール樹脂複合材料の場合、GHz領域で、透磁率の損失角 $\delta$ （図4）及び誘電率の損失角 $\delta$ （図5）が増大し、それが高周波領域まで持続している。このため、高周波領域で吸収を起こすための条件である「損失角 $\delta$ が高周波領域で高くなる」ことが満たされる。また、比透磁率 $\mu$ は損失角 $\delta$ が増大するにつれて小さくなっている（図4）。比誘電率 $\epsilon$ も徐々に減少していくことが分かる（図5）。このため、反射を小さくするための条件である「 $(\mu_{\text{eff}}/\epsilon_{\text{eff}})^{1/2}$ は全周波数を通して特性インピーダンス $Z_0$ に近くなる」ことも満たされる。

【0038】一方、NiZnフェライトの場合は、図6に示すように、透磁率に伴う損失角 $\delta$ は1GHz程度で大きな値を取り、それよりも高い周波数領域ではほとんどゼロになる。これに伴って、比透磁率 $\mu$ もGHz領域で著しく減少し、1に近づいていく。また、図7に示すように、比誘電率 $\epsilon$ は僅かに減少の傾向が見られる程度で、これに伴う損失角 $\delta$ の変化はごく僅かである。従って、絶縁基板をNiZnフェライトで構成した場合は、GHz領域では高周波ノイズを吸収できず、通過させる場合がある。

【0039】図8は鉄-フェノール樹脂複合材料（鉄60vol %、粒径2 $\mu$ m、図4及び図5の試料）を用いた場合の伝送特性を示す図である。図示したように、透過特性S21においては、1GHz程度から減衰が顕著になり、測定上限の20GHzまでこの減衰が継続し、高周

波ノイズを吸収できることが分かる。反射特性 $S_{11}$ においては、10GHz程度までは-10dB程度の減衰があり、十分に反射が抑制されていることが分かる。

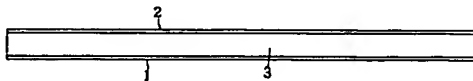
【0040】図9は従来のNiZnフェライトを用いた場合の伝送特性を示す図である。透過特性 $S_{21}$ においては、1GHz程度に減衰が見られるものの、それよりも高い周波数では再び減衰が少なくなり、高周波ノイズを吸収することができない。

【0041】図10は強磁性金属粉として鉄を用い、その粒径及び含有量を変えて得られた試料番号1~38の各々の素子について、その伝送特性の評価結果をまとめて示す図である。伝送特性 $S_{11}$ 、 $S_{12}$ は、通過域の周波数を100MHz、阻止域の周波数を5GHzとして、その各々の場合の伝送特性 $S_{11}$ 、 $S_{21}$ の利得で評価した。絶縁樹脂はフェノール、エポキシ、ゴム系のものを適宜使用した。

【0042】粒径が0.01 $\mu$ mから100 $\mu$ mの範囲にある鉄粉を、含有量30vol %から70vol %の範囲で含む試料番号2~13、17~23、29~35は、透過利得 $S_{21}$ が通過域周波数100MHzで-0.2dBまたは-0.3dB、阻止域周波数5GHzで-28dB~45dBであり、通過域周波数100MHzでの減衰が小さく、阻止域周波数5GHzでの減衰が大きくなっている。また、反射利得 $S_{11}$ は通過域周波数100MHzで-22dBから-26dBの範囲、阻止域周波数5GHzで-9dBから-12dBの範囲である。絶縁抵抗も $10^9\Omega$ 以上であり、絶縁性の問題は生じない。

【0043】これに対して、粒径0.005 $\mu$ mの鉄粉を用いた試料番号1、粒径200 $\mu$ mの鉄粉を用いた試料番号14、鉄粉の含有量が30vol %から70vol %の範囲にない試料番号15、16、24~28、36~38は、通過域周波数100MHz及び阻止域周波数5GHzにおける透過利得 $S_{21}$ または反射利得 $S_{11}$ の何れかにおいて、劣化が認められる。従って、粒径が0.01

【図1】



$\mu$ mから100 $\mu$ mの範囲の鉄粉を30vol %から70vol %の範囲で含むことが好ましい。また、絶縁樹脂の種類による特性上の優劣は殆ど認められない。

【0044】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、次のような効果を得ることができる。

(a) 高周波ノイズを確実に吸収し得る回路基板を提供できる。

(b) 1GHz以上の高周波ノイズを確実に吸収し得る回路基板を提供できる。

(c) 簡素な構造を有し、任意の回路に対応し得る回路基板を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る回路基板の側面図である。

【図2】本発明に係る回路基板の他の実施例を示す側面図である。

【図3】本発明に係る回路基板の斜視図である。

【図4】鉄-フェノール樹脂複合材料の周波数-複素透磁率特性を示す図である。

【図5】鉄-フェノール樹脂複合材料の周波数-複素誘電率特性を示す図である。

【図6】従来のNiZnフェライトについての周波数-複素透磁率特性を示す図である。

【図7】従来のNiZnフェライトについての周波数-複素誘電率特性を示す図である。

【図8】鉄-フェノール樹脂複合材料を用いた場合の伝送特性を示す図である。

【図9】従来のNiZn系フェライトを用いた場合の伝送特性を示す図である。

【図10】各々の回路基板についての伝送特性の評価結果をまとめて示す図である。

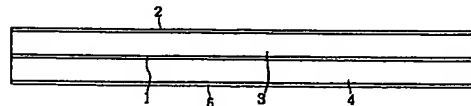
【符号の説明】

1 導体層

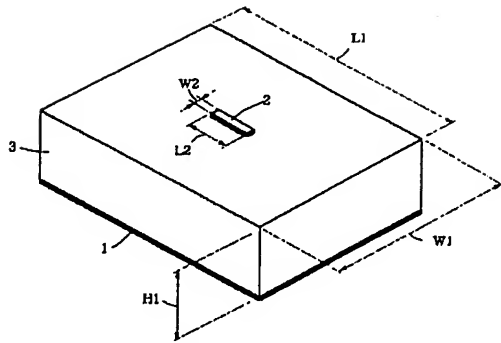
2 導体層

3 絶縁層

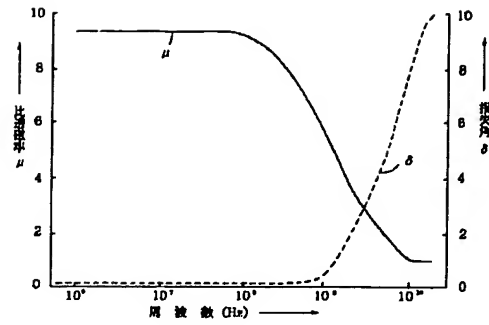
【図2】



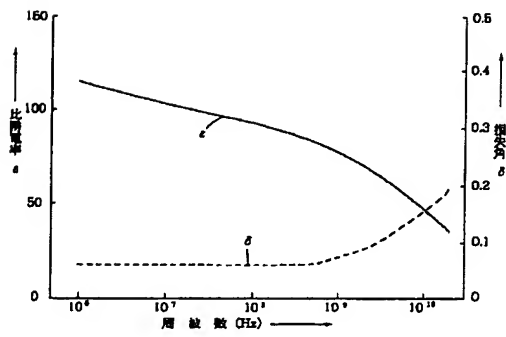
【図3】



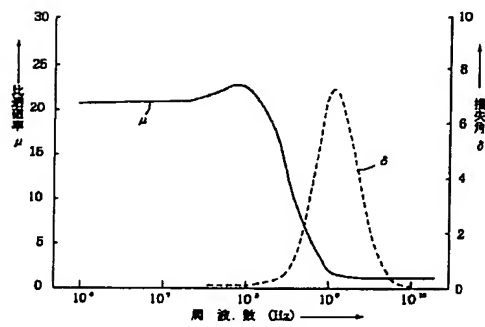
【図4】



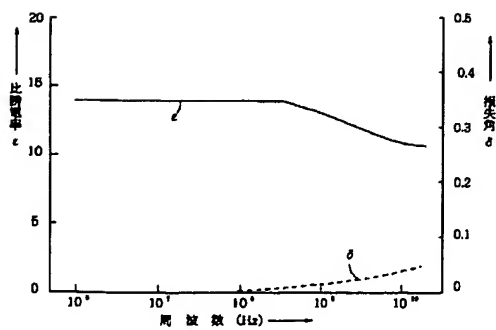
【図5】



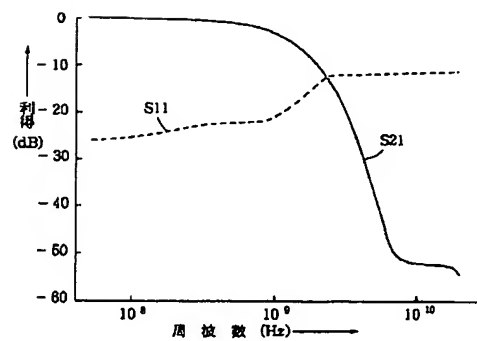
【図6】



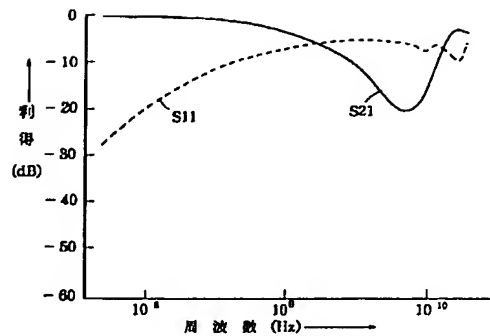
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

番号	膜の枚数 μm	膜の含有率 wt%	透過損失 S21 (dB)	反射損失 S11 (dB)	絶縁抵抗	備考
1	0.005	30	-0.2	-20	-8	> 10 <sup>11</sup> Ω
2	0.01	40	-0.2	-28	-11	> 10 <sup>11</sup> Ω
3	0.1	60	-0.2	-80	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
4	0.5	80	-0.2	-84	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
5	1	90	-0.2	-89	-29	> 10 <sup>11</sup> Ω
6	2	90	-0.2	-89	-29	> 10 <sup>11</sup> Ω
7	5	90	-0.2	-41	-24	> 10 <sup>11</sup> Ω
8	8	90	-0.2	-41	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
9	10	90	-0.2	-43	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
10	20	90	-0.2	-43	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
11	30	90	-0.2	-43	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
12	60	90	-0.2	-43	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
13	100	90	-0.2	-35	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
14	200	90	-1.8	-20	-15	> 10 <sup>11</sup> Ω
15	1	10	-0.2	-10	-8	> 10 <sup>11</sup> Ω
16	1	20	-0.2	-12	-11	> 10 <sup>11</sup> Ω
17	1	30	-0.2	-30	-24	> 10 <sup>11</sup> Ω
18	1	40	-0.2	-34	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
19	1	50	-0.2	-40	-24	> 10 <sup>11</sup> Ω
20	1	66	-0.2	-42	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
21	1	80	-0.2	-45	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
22	1	86	-0.2	-40	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
23	1	70	-0.2	-35	-23	> 10 <sup>11</sup> Ω
24	1	75	-0.2	-25	-23	> 10 <sup>11</sup> Ω
25	1	80	-0.4	-25	-23	> 10 <sup>11</sup> Ω
26	1	90	-1.2	-20	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
27	10	10	-0.2	-10	-22	> 10 <sup>11</sup> Ω
28	10	20	-0.2	-12	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
29	10	30	-0.2	-30	-24	> 10 <sup>11</sup> Ω
30	10	40	-0.2	-35	-24	> 10 <sup>11</sup> Ω
31	10	50	-0.2	-35	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
32	10	66	-0.2	-40	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
33	10	83	-0.2	-40	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
34	10	86	-0.2	-37	-22	> 10 <sup>11</sup> Ω
35	10	70	-0.2	-37	-24	> 10 <sup>11</sup> Ω
36	10	75	-0.4	-37	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
37	10	80	-1.0	-27	-25	> 10 <sup>11</sup> Ω
38	10	90	-1.8	-20	-21	> 10 <sup>11</sup> Ω

\* 1: 不均一に分散  
\* 2: 表面にあり

フロントページの続き

(72)発明者 飯島 康  
東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72)発明者 古林 真  
東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72)発明者 倉橋 孝秀  
東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内